

УДК 356.6

В.І. Горюнов

Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, Київ

## ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО СКЛАДУ СИЛ І ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІЙСЬК

У статті автором запропонована удосконалена методика обґрунтування раціонального складу сил і засобів транспортного забезпечення військ в операції.

**Ключові слова:** методика, транспортне забезпечення, склад сил і засобів.

### Вступ

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Одним із пріоритетних завдань матеріально-технічного забезпечення (МТЗ) є своєчасне підвезення військам матеріально-технічних засобів (МтЗ), необхідних для виконання завдань у ході операції [1].

Складність вирішення завдань забезпечення МтЗ військ в операції викликає підвищення вимог до транспортного забезпечення (ТрЗ) у зв'язку зі значними обсягами подачі та великим переліком номенклатури МтЗ [1]. Звідси, своєчасне вирішення завдань забезпечення військ МтЗ в операції зумовлює необхідність урахування способів подачі та раціонального розподілу транспортних засобів за видами транспорту, зокрема: повітряного, залізничного, автомобільного, річкового та морського. У цих умовах суттєво зростає потреба в удосконаленні методики обґрунтування раціонального складу сил і засобів ТрЗ військ в операції.

**Аналіз досліджень і публікацій** свідчить, що більшість методик обґрунтування раціонального складу сил і засобів ТрЗ, які розроблялися раніше, присвячувалися одному з видів транспорту, а питання комплексного використання всіх видів ТрЗ з урахуванням необхідності нерівномірної подачі МтЗ у війська за добами операції не досліджувалося, внаслідок чого порядок вирішення завдання визначення раціонального складу сил і засобів ТрЗ в цих методиках описаний у загальних рисах і не враховує важливі особливості процесу ТрЗ [2, 3].

Так, у [4] задача визначення раціонального складу сил і засобів ТрЗ військ вирішується лише стосовно наявної кількості транспортних засобів з використанням певних різновидів транспортної задачі лінійного програмування, яка передбачає наявність лише лінійних зв'язків між характеристиками, що є не відповідає реальному процесу ТрЗ.

Крім того, існуючі методики (методи) вирішують завдання на основі показників, які не враховують економічної складової підвезення МтЗ силами і засобами ТрЗ військам.

Отже, **метою статті** є опис удосконаленої методики обґрунтування раціонального складу сил і засобів ТрЗ військ в операції.

### Виклад основного матеріалу

Удосконалену методику передбачається отримати на основі використання математичної моделі системи ТрЗ, яка враховує всі види транспорту, положень теорії математичного програмування із застосуванням багаторусної СМО з пріоритетами, що раніше, у процесі дослідження системи ТрЗ не використовувалася.

Під час моделювання системи ТрЗ як багаторусної системи масового обслуговування (СМО) використано певний варіант вибору заявок на обслуговування, а саме – вибір за визначеним порядком обслуговування заявок незалежно від порядку їх надходження, або, скорочено, – з порядковим пріоритетом [1, 5]. Цей варіант пріоритету надається на рис. 1.

На рис. 1 показаний граф станів багаторусної СМО, що моделює процес ТрЗ військ, де позначено:

$P1n_1, P2n_2, P3n_3, P4n_4, P5n_5$  – імовірності станів щодо забезпечення військ МтЗ, де підрядкові індекси позначають: перший – вид транспорту: 1 – повітряний, 2 – залізничний, 3 – автомобільний, 4 – річковий, 5 – морський; другий –  $n_1, n_2, n_3, n_4, n_5$  – номер стану щодо забезпечення військ МтЗ.

Для певного виду транспорту, можна записати номер стану  $n_m=0, 1, 2, \dots, n_{mmax}-1, n_{mmax}$ , при цьому  $P_{10}, P_{20}, P_{30}, P_{40}, P_{50}$  – імовірності таких станів щодо забезпечення військ МтЗ, коли заявки до СМО на підвезення МтЗ відповідними видами транспорту не надходять;  $P1n_{1max}, P2n_{2max}, P3n_{3max}, P4n_{4max}, P5n_{5max}$  – імовірності таких станів щодо забезпечення військ МтЗ, коли заявки до СМО на підвезення МтЗ відповідними видами транспорту надходять з усіх джерел (від усіх споживачів).

Стани СМО для будь-якого виду транспорту визначають кількість джерел  $n_m$  заявок (споживачів), що вимагають обслуговування  $m$ -м видом транспорту, починаючи з джерела за номером  $(n_{mmax}-n_m+1)$  до джерела за номером  $n_{mmax}$  включно, та кількість джерел заявок, що вже обслужені –  $(n_{mmax}-n_m)$ , починаючи з джерела за номером 1 і до джерела за номером  $(n_{mmax}-n_m)$  включно. При цьому, слід врахувати, що за  $n_m=0$  порядок джерел, що вимагають обслуговування, та за  $n_m=n_{mmax}$  порядок джерел, що обслужені, не визначається.

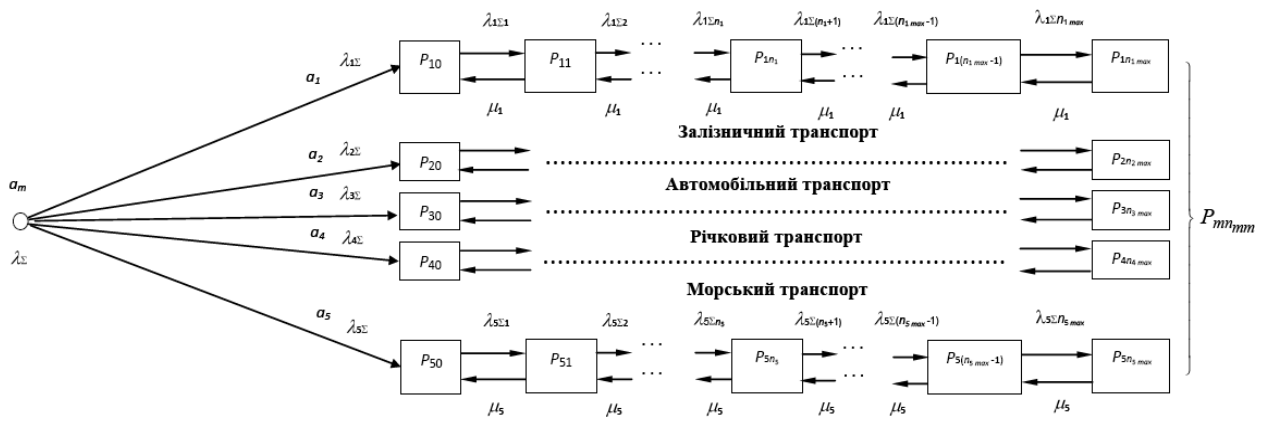


Рис. 1. Граф станів багатоярусної системи масового обслуговування, що моделює процес транспортного забезпечення військ

Введення певного порядку обслуговування, а саме порядкового пріоритету, дозволило значно спростити граф станів багатоярусної СМО порівняно з графом, що враховував би  $(n_{\max}!)$  варіантів забезпечення в кожному ярусі. Порядок обслуговування заявок розглядуваної СМО визначимо відповідно до нумерації джерел, від яких вони надходять. Кількість джерел заявок обмежена і не перевищує  $n_{\max}$  у кожному ярусі. Поставимо у відповідність кожному джерелу (споживачу) заявок на подання МтЗ інтенсивність їх надходження:  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{i_{\max}}$ . При цьому, порядок обслуговування заявок визначимо відповідно до нумерації джерел (споживачів), від яких вони надходять. Можна записати для  $m$ -го виду транспорту (не використовуючи індекс  $m$ ):

$$\lambda_{\Sigma n} = \sum_{i=n_{\max}-n+1}^{n_{\max}} \lambda_i, \quad (1)$$

де  $\lambda_{\Sigma n}$  – загальна інтенсивність заявок, що надходять від джерел, які ще не обслужені.

Як  $\mu$  позначимо інтенсивність обслуговування заявок. За відомим правилом [1, 5], запишемо згідно з графом на рис. 1 рівняння, що відповідають установленому режиму роботи СМО для кожного ярусу:

$$\begin{aligned} -\lambda_{\Sigma 1} P_0 + \mu P_1 &= 0; \quad \lambda_{\Sigma 1} P_0 - (\lambda_{\Sigma 2} + \mu) P_1 + \mu P_2 = 0; \\ \lambda_{\Sigma n} P_{n-1} - (\lambda_{\Sigma n+1} + \mu) P_n + \mu P_{n+1} &= 0; \\ \lambda_{\Sigma n_{\max}-1} P_{n_{\max}-2} - (\lambda_{\Sigma n_{\max}-1} + \mu) P_{n_{\max}-1} + \mu P_{n_{\max}} &= 0; \\ \lambda_{\Sigma n_{\max}} P_{n_{\max}-1} - \mu P_{n_{\max}} &= 0. \end{aligned}$$

Звідки:

$$\begin{aligned} P_1 &= (\lambda_{\Sigma 1} / \mu) P_0; \quad P_2 = (\lambda_{\Sigma 1} \cdot \lambda_{\Sigma 2} / \mu^2) P_0; \\ P_{n_{\max}-1} &= \mu^{1-n_{\max}} \prod_{s=1}^{n_{\max}-1} \lambda_{\Sigma s} \cdot P_0; \quad (2) \\ P_n &= \mu^{-n} \prod_{s=1}^n \lambda_{\Sigma s} P_0; \quad P_{n_{\max}} = \mu^{-n_{\max}} \prod_{s=1}^{n_{\max}} \lambda_{\Sigma s} P_0. \end{aligned}$$

Враховуючи, що  $\prod_{s=1}^{n_{\max}} P_n = 1$ , знаходимо:

$$P_0 = \left[ 1 + \sum_{n=1}^{n_{\max}} \left( \mu^{-n} \prod_{s=1}^n \lambda_{\Sigma s} \right) \right]^{-1}.$$

Отже, отримані рівняння дозволяють у кожному ярусі обчислити ймовірності станів замкненої

марковської одноканальної СМО з порядковим пріоритетом обслуговування заявок відповідно до нумерації джерел (замовників, споживачів), від яких вони надходять. Знайдемо математичні вирази для визначення  $\mu$  та  $\lambda_i$ .

Розглянемо замкнену марковську одноканальну СМО з порядковим пріоритетом [1, 5], яка обслуговує  $n_{\max}$  джерел заявок. Під заявкою будемо розуміти вагу МтЗ  $Q_i$ , які необхідно подати до  $i$ -го джерела заявок (споживача) на певну відстань за першу добу.

Як обслуговуючий пристрій будемо розглядати постачальника, який має  $u_T$  транспортних засобів з вантажопідйомністю  $\delta_T$  кожний. Позначимо зведену (зважену) загальну довжину шляхів підвезення:

$$\ell = \sum_{i=1}^{n_{\max}} |Q_{i0i} \cdot \ell_{oi}|, \quad (3)$$

де  $Q_{i0i}$  – відносна вага МтЗ, які необхідно подати  $i$ -му споживачу протягом першої доби операції;

$$Q_{i0i} = Q_{li} / Q_0, \quad (4)$$

де  $Q_0$  – вага МтЗ, які необхідно подати всім споживачам протягом першої доби операції;  $Q_{li}$  – вага МтЗ, які необхідно подати  $i$ -му споживачу протягом першої доби операції.

Знайдемо залежність для розрахунку потрібної кількості МтЗ  $Q_{li}$ , які необхідно подати для забезпечення  $i$ -го споживача протягом першої доби операції ( $T_1 = 1$  доба). Враховуючи (1), отримаємо:

$$\begin{aligned} Q_0 &= \sum_i Q_{li}; \quad Q_{li} = \sum_s \sum_j Q_{lisj} = \\ &= \sum_s \sum_j \left[ \Delta Q_{onisj} T_{on} N_{vzis} \left( 1 - e^{-by_{sj} \cdot T_1 / T_{on}} \right) \right]; \quad (5) \end{aligned}$$

Далі всі характеристики, що відповідають  $m$ -му виду транспорту, мають підрядковий індекс  $m$ .

Враховуючи коефіцієнти внеску  $a_m$   $m$ -го виду транспорту під час перевезень МтЗ, можна записати:

$$Q_{lim} = a_m Q_{li}; \quad Q_{om} = a_m Q_0, \quad (6)$$

де  $Q_{lim}$  – вага МтЗ, які необхідно подати  $i$ -му споживачу протягом першої доби операції  $m$ -м видом транспорту;  $Q_{om}$  – вага МтЗ, які необхідно подати всім споживачам протягом першої доби операції  $m$ -м видом транспорту.

Тоді, інтенсивність надходження заявок на забезпечення МтЗ і-ї частини m-м видом транспорту може бути записана в такому вигляді:

$$\lambda_{im} = Q_{im} \ell_{oim} / (Q_{om} \ell_m T_{\partial m}), \quad (7)$$

інтенсивність підвезення МтЗ постачальником може бути визначена з виразу:

$$\mu_m = (\delta_{mr} u_{mr} K_{Tm} / (Q_{om} \ell_m)) \cdot (v_m v_{om} / (v_m + v_{om})). \quad (8)$$

Розмірністю величин  $\mu$  та  $\lambda_i \in [1/\text{година}]$  вважається як “нормована подача на годину”, де за одиницю величини подачі взято величину  $Q_{om} \ell_m$ .

**Розрахунок коефіцієнта ефективності системи транспортного забезпечення військ  $K_{\text{под}}$ .** Коефіцієнт ефективності сил і засобів ТрЗ військ з підвезення (подачі) МтЗ під час операції має вигляд:

$$K_{\text{под}} = Q_{\text{подр}}(u_{\text{мг под}}, a_m) / Q_{\text{под}}; \quad (9)$$

$$Q_{\text{подр}}(u_{\text{мг под}}, a_m) =$$

$$= \left[ 1 - \prod_m P_{\text{mnmax}}(u_{\text{мг под}}, a_m) \right] Q_{\text{подс}},$$

де  $Q_{\text{подр}}(u_{\text{мг под}}, a_m)$  – кількість МтЗ, які можуть бути подані для забезпечення всіх споживачів протягом операції (період забезпечення), як функція  $u_{\text{мг под}}$  та  $a_m$ ;  $P_{\text{mnmax}}(u_{\text{мг под}}, a_m)$  – імовірність такого стану забезпечення військ МтЗ, коли заявки на підвезення МтЗ m-м видом транспорту надходять з  $n_{\text{max}}$  джерел, як функція  $u_{\text{мг под}}$  та  $a_m$ ;  $1 - \prod_m P_{\text{mnmax}}(u_{\text{мг под}}, a_m)$  – імовірність такого стану забезпечення військ МтЗ, коли всіма видами транспорту задовольняються заявки на підвезення МтЗ, що надійшли хоча б від одного джерела (споживача), як функція  $u_{\text{мг под}}$  та  $a_m$ .

Слід зазначити, що коефіцієнт ефективності сил і засобів ТрЗ військ з підвезення (подачі) МтЗ під час операції розглядається в діапазоні значень, які не перевищують одиницю, а саме:  $0 \leq K_{\text{под}} \leq 1$ .

У випадку, коли  $Q_{\text{под}} = Q_{\text{подс}}$ , маємо:

$$K_{\text{под}} = \left[ 1 - \prod_m P_{\text{mnmax}}(u_{\text{мг под}}, a_m) \right]. \quad (10)$$

У подальшому розраховане значення  $K_{\text{под}}$  порівнюється з потрібним значенням коефіцієнта ефективності транспортного забезпечення військ  $K_{\text{под}}^{\text{потр}}$ .

У разі виконання умови  $K_{\text{под}} \geq K_{\text{под}}^{\text{потр}}$  завдання з подачі МтЗ військам виконується із заданою ефективністю, для чого залучається раціональна кількість транспортних засобів різних видів транспорту  $u_{\text{мг}}$ , при цьому задача розподілу транспортних засобів вважається вирішеною.

Якщо умова  $K_{\text{под}} \geq K_{\text{под}}^{\text{потр}}$  не виконується, здійснюється корегування вихідних даних або змінюється розподіл транспортних засобів, поки зазначена умова не буде виконана.

У результаті застосування запропонованої методики може бути визначений раціональний склад сил і засобів ТрЗ військ в операції.

## Висновки

Таким чином, удосконалена методика обґрунтування раціонального складу сил і засобів ТрЗ військ в операції надає можливість більш обґрунтовано здійснити моделювання процесу ТрЗ військ, а саме, визначення раціонального розподілу транспортних засобів між видами транспорту для забезпечення МтЗ військ в операції та оцінку ефективності ТрЗ.

## Список літератури

1. Хазанович О.І. Метод визначення вагових коефіцієнтів для оцінки вкладу видів транспорту в перевезення матеріально-технічних засобів [Текст] / О.І. Хазанович, П.С. Закусило, В.І. Горюнов // Зб. наук. пр. ЦНДІ ЗС України. – К.: ЦНДІ ЗС України, 2013. – № 4 (66). – С. 37-44.
2. Гриневич В.В. Методика визначення раціонального складу автомобільних підрозділів підвезення матеріально-технічних засобів (підрозділів) матеріального забезпечення армійського корпусу [Текст] / В.В. Гриневич // Зб. наук. пр. ЦНДІ ЗС України. – К., 2010. – № 4 (54). – С. 332-329.
3. Ільницький А.М. Методика розподілу транспорту оперативної ланки в процесі підвезення матеріальних засобів з'єднанням і частинам армійського корпусу [Текст] / А.М. Ільницький // Труды акад. – К.: НАОУ, 2003. – № 45 – С. 276-285.
4. Шуєнкін В.О. Метод визначення оптимального варіанту використання різних видів транспорту під час забезпечення військ МтЗ. [Текст] / В.О. Шуєнкін, С.С. Трегубенко, М.Я. Максименко // Зб. наук. пр. ЦНДІ ЗС України. – К.: 2015. – № 1 (71). – С. 123-132.
5. Янов В.Н. Методика расчетов по тыловому обеспечению [Текст] / В.Н. Янов. – М.: ВА им. Фрунзе, 1991. – 120 с.

Надійшла до редколегії 14.01.2016

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. О.І. Хазанович, Центральный НДІ Збройних Сил України, Київ.

## ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО СОСТАВА СИЛ И СРЕДСТВ ТРАНСПОРТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ

В.И. Горюнов

Предложена методика обоснования рационального состава сил и средств транспортного обеспечения войск в операции.  
**Ключевые слова:** методика, транспортное обеспечение, состав сил и средств.

## SUBSTANTIATION OF RATIONAL COMPOSITION OF FORCES AND FACILITIES OF TRANSPORT MAINTENANCE OF TROOPS

V.I. Horiunov

In paper the author offers the method of a substantiation of rational composition of forces and facilities of a transport providing of troops in an operation.

**Keywords:** method, transport maintenance (providing), composition of forces and facilities.